This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Astr. 3358.93

Harvard College Library

FROM

Royal Acad. of Sciences
Stockholm

10 Nov. 1893.

SCIENCE CENTER LIBRARY

~~VI. 4865~~

Cards

PROJET DE MESURE

D'UN ARC DU MÉRIDIEN DE 4° 20′

AU SPITZBERG

PAR

P.-G. ROSÉN.

AVEC UNE CARTE.

MÉMOIRE PUBLIÉ PAR L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE SUÈDE.

STOCKHOLM 1893
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

~~IV.7865~~
[illegible]

HARVARD COLLEGE
NOV 10 1893
LIBRARY.

Royal Soc. of Sciences,
[illegible]

Avant-propos.

Un rapport que j'eus l'honneur de faire, le 11 février 1891, à la séance de l'Académie Royale des Sciences sur l'importance de l'exécution de la mesure d'un arc du méridien au Spitzberg, et sur la nécessité d'un plan pour ce travail, amena l'Académie, sur la proposition du Baron A. E. de Nordenskiöld, à nommer une commission, composée des Barons de Nordenskiöld, de Skogman et du soussigné, avec mission de rédiger un plan et un projet pour l'exécution de la mesure de degré en question. Plus tard, on m'a confié la rédaction de ce projet, et pendant ce travail j'ai eu l'avantage de profiter essentiellement des avis et des conseils pratiques de mes confrères de la commission.

P.-G. ROSÉN.

1. Introduction historique.

La découverte de l'aplatissement de la terre vers les pôles constitue l'époque la plus remarquable et la plus intéressante de l'histoire de la géodésie. Ce n'est guère qu'après un siècle de luttes entre l'Académie des sciences de Paris et les partisans de Newton, que le fait fut admis; mais l'honneur d'avoir tranché la question appartient à la France, qui dans ce but envoya deux expéditions, l'une au Pérou, l'autre aux environs de la rivière de Torne. Ces deux campagnes scientifiques prouvèrent avec l'évidence la plus complète que le méridien terrestre est plus courbé à l'équateur qu'aux pôles, résultat qui s'accorde pleinement avec la théorie de Newton.

La première de ces expéditions quitta la France en 1735 et arriva l'année suivante au Pérou. La mesure d'un arc de méridien d'environ 3°, exécutée sous la direction de Bouguer et de la Condamine, fut achevée en 1743.

L'autre, à laquelle on a improprement donné la dénomination d'expédition de Laponie, choisit pour champ d'opération les environs de la rivière de Torne à son cours inférieur, comme étant le pays le plus septentrional où l'on pût parvenir sans trop de difficultés et exécuter avec une commodité relative ces observations délicates. L'expédition partit de France en 1736 sous la direction de Maupertuis, qui plus tard eut pour collaborateur l'astronome Celsius d'Upsal. Un arc peu considérable, de 57′ environ, fut mesuré en 1736—37 entre l'église de la ville de Torneå et un point, Kittisvaara, qui se trouve à environ 20 kilomètres au nord du cercle polaire. [1]) Déjà cette mesure décida la question en litige en faveur de la théorie de Newton, les mesures de Picard et de Cassini en France ayant donné pour un degré de méridien une longueur sensiblement moindre qu'à la latitude de Torneå, résultat confirmé plus tard par la mesure de l'arc au Pérou.

Après ces expéditions célèbres, les mesures géodésiques ont acquis un intérêt toujours croissant. Dans le cours du siècle dernier, on compte les mesures de Lacaille au Cap de Bonne-Espérance en 1751

---

[1]) Les résultats de ces expéditions sont consignés principalement dans deux publications: Bouguer, La figure de la terre, déterminée par les observations de Messieurs Bouguer et de la Condamine, Paris 1749, et Maupertuis: La figure de la terre, Paris 1738.

—54, de Beccaria dans le Piémont en 1768, de Liesganig dans la Hongrie en 1762—69, de Mason et Dixon dans l'Amérique du Nord en 1764—68, et d'autres encore. Toutes ces mesures ne servirent cependant en somme qu'à vérifier la forme sphéroïdale de la terre, et à donner plus d'exactitude aux dimensions de notre planète; l'hypothèse de la forme sphéroïdale s'éleva au rang de théorie parfaitement scientifique.

L'époque qui suivit dans l'histoire des mesures d'arcs de méridien coïncide avec la révolution française; c'est alors qu'on mit en avant la question d'un étalon naturel, invariable et indestructible, qu'on crut pouvoir obtenir des données que les mesures géodésiques fournissent sur les constantes du méridien. On s'aperçut bientôt que cet étalon naturel était illusoire, mais la recherche en a sans doute essentiellement contribué à ce qu'aujourd'hui on se trouve assez près d'avoir un système de mesures et de poids international commun à tous les pays civilisés.

La presque-coïncidence de la surface de la terre avec un ellipsoïde de rotation une fois établie, avec les progrès de la technique instrumentale et le nombre croissant de mesures de méridien se présenta un problème nouveau, savoir celui de déterminer la valeur la plus probable des dimensions de cet ellipsoïde, fondée sur la totalité desdites mesures. Dans ce but, Laplace conçut, pour la distribution des divergences,[1]) une méthode qui peut être considérée comme un précurseur de la méthode des moindres carrés inventée par Legendre et par Gauss. Faisant le calcul, selon sa méthode, des dimensions de la terre les plus rapprochées des données fournies par les mesures, Laplace parvint au résultat important que la surface de la terre ne coïncide pas exactement avec un ellipsoïde de rotation, vu que les divergences restantes dépassent considérablement les erreurs probables des observations; la cause de ces divergences serait donc à chercher dans des irrégularités réelles chez la surface terrestre. On était ainsi parvenu à l'un des problèmes importants qui forment le but des mesures présentes, savoir la recherche de ces irrégularités ou déviations d'une formule simple, telle que l'offre le sphéroïde.

Le résultat de la mesure de Maupertuis près de la rivière de Torne ayant été trouvé peu satisfaisant, l'Académie Royale des Sciences de Suède chargea le professeur Jöns Svanberg de la refaire, ce qui fut exécuté en 1801—3.[2])

L'arc mesuré fut étendu, au nord comme au sud, jusqu'à la longueur de 1° 37′, par une latitude moyenne de 66° 20′, et amena des corrections considérables dans les résultats de la mesure antérieure. Toutes les deux ont cela de remarquable, que leurs bases ont été

---

[1]) Traité de Mécanique Céleste, tome II, VII (1802), 1:re partie, livre III, art. 40, p. 133.

[2]) Expositions des opérations faites en Lapponie etc. Stockholm MDCCCV.

mesurées sur la glace de la rivière de Torne près de la montagne d'Avasaksa. Une fois encore des travaux pour les mesures de méridien ont été exécutés dans ces parages, savoir quand la grande mesure Russe-Scandinave y passa; l'arc fut alors étendu au nord jusqu'au bord de la Mer Glaciale, sous le 70° 40′ de latitude.

Le projet d'une mesure à une latitude encore plus élevée n'est cependant pas tout-à-fait neuf. Il y a déjà plus de soixante ans qu'un projet pareil fut proposé par le capitaine E. Sabine, de l'artillerie anglaise, bien connu par ses belles observations de pendule. La mesure devait s'exécuter au Spitzberg par une latitude moyenne de 78°. Dans le cours de ses observations, il avait visité la côte nord-ouest de ce pays, et s'était convaincu que les conditions géographiques et le climat n'opposaient pas des obstacles trop graves à l'exécution d'une telle entreprise. Pour la préparer plus complètement, afin que des obstacles imprévus ne se présentassent pas après des dépenses considérables, Sabine offrit de faire une reconnaissance détaillée du terrain sur lequel le réseau de triangles devait passer. Quoique son projet eût obtenu l'appui de plusieurs personnes considérées et influentes de l'Angleterre, il finit par n'aboutir à rien.

Trente ans s'étaient écoulés, quand la question fut ressuscitée sur l'initiative du professeur Otto Torell, qui dans son plan de l'expédition suédoise de 1861, présenté à l'Académie de Sciences, proposa qu'une reconnaissance détaillée et exacte serait faite dans le but de vérifier si dans ces parages une mesure de méridien d'une amplitude suffisante était praticable. Cette proposition fut accueillie par l'Académie avec un vif intérêt, et une reconnaissance fut exécutée dans le cours de l'expédition par deux de ses membres, MM. Chydenius et Dunér. [1])

Cependant, comme l'état de la glace et du temps pendant cette année avait été défavorable et les moyens de transport assez défectueux, on n'avait pu achever, hors de la reconnaissance de la côte occidentale du Spitzberg, que la moitié nord de celle du réseau qu'on s'était figuré comme joignant les points nord et sud du groupe d'îles entier. Une nouvelle expédition fut donc envoyée en 1864, aux frais de l'État, dans le but principal d'achever les recherches commencées, ce qui fut effectué avec un plein succès par Dunér et Nordenskiöld. Le résultat réuni des travaux des deux années se trouve dans un mémoire inséré dans les actes de l'Académie des Sciences pour 1866. [2])

En étudiant avec attention ces deux mémoires, on concèdera que les chances en faveur de la réussite d'une mesure de méridien au

---

[1]) Öfversigt af Vetenskaps-Akademiens förhandlingar. 1862 N:o 2. Om den under svenska expeditionen till Spetsbergen år 1861 företagna undersökning af en gradmätnings utförbarhet derstädes. Af Karl Chydenius.

[2]) Förberedande undersökningar rörande utförbarheten af en gradmätning på Spetsbergen.

Spitzberg se présentent sous un jour assez favorable, malgré le caractère inhospitalier et l'accès difficile de ce pays. Avec les ressources beaucoup plus grandes fournies désormais par la science et l'industrie, les chances d'une réussite satisfaisante seront sans doute beaucoup plus avantageuses qu'elles ne l'étaient il y a trente ans. Une autre question se présente néanmoins, savoir si une telle entreprise vaut réellement les frais ainsi que les sacrifices inévitables d'efforts et de travail.

Sous ce rapport, nous nous permettons de rappeler le vif intérêt avec lequel les recherches préalables déjà mentionnées furent accueillies de leur temps, une telle mesure étant censée fournir une contribution importante à la détermination exacte de la forme et des dimensions de la terre. Non-seulement cette question reste encore debout, mais d'autres questions très importantes et très intéressantes s'y sont jointes, savoir celles de la nature des couches superficielles de la terre et des forces qui y sont en activité, questions à la solution desquelles une mesure de méridien au Spitzberg avec les recherches géophysiques y contingentes, doit fournir des matériaux précieux.

C'est chose connue qu'avec l'œuvre grandiose internationale commencée depuis une trentaine d'années sur l'initiative du général Baeyer, en même temps que la technique instrumentale faisait des progrès importants, les recherches des propriétés géophysiques de la croûte terrestre aussi bien que d'autres questions y apparentées, ont gagné une extension considérable. En considérant les opérations géodésiques sous un point de vue purement pratique, comme celui de leur nécessité pour l'atlas des différents pays, on serait tenté de penser, à la première vue du moins, que les travaux immenses qu'elles ont exigés, n'ont pas produit des résultats correspondants. Au point de vue scientifique, au contraire, elles seront parfaitement justifiées, car toute recherche des forces agissant en dedans ou en dehors de la croûte terrestre dépend plus ou moins d'une connaissance exacte des dimensions de la terre et de ses divergences, grandes ou petites, de la forme ellipsoïde. Mais il est évident que ces recherches gagneront en importance et en valeur à mesure de leur extension et de leur distribution égale sur toute la surface terrestre, bien qu'il faille convenir que pour la détermination de la grandeur et de la forme générale de la terre, les deux extrêmes de l'ellipsoïde, l'équateur et les pôles, les points de courbure maximum et minimum, sont ceux qui exercent la plus grande influence. Telle est est sans doute l'idée de la révision et de l'extension de l'arc du Pérou de 1736—43, proposée par M. Faye. [1]) On doit espérer que ce grand projet recevra une solution satisfaisante.

[1]) Comptes-rendus des séances de la commission permanente de l'association géopésique internationale réunie à Fribourg en 1890. Anexe B III:a.

2. L'Influence du climat et de la glace au Spitzberg.

Les nombreuses expéditions au Spitzberg dans le but de son exploration sous les différents points de vue de la géographie, de la géologie, de l'histoire naturelle et de la climatologie, fournissent tous les matériaux nécessaires pour juger les circonstances dont dépend l'exécution d'une mesure de méridien dans ces parages. Une place très éminente est due aux expéditions suédoises; comme on l'a déjà signalé, c'est aussi de la Suède que sont parties celles qui ont eu pour objet spécial les recherches préalables sur la possibilité d'une mesure de méridien au Spitzberg.

Le climat de ce pays est relativement doux en comparaison d'autres terres situées sous la même latitude, et ne doit pas causer des entraves sérieuses, par rapport tant à la faculté du corps humain de supporter le froid, qu'aux opérations en plein air pendant le printemps et l'été, les seules saisons possibles.

Le caractère général du climat est ainsi décrit par Dunér et Nordenskiöld:

»Pendant la dernière moitié de mai et la première de juin, la température se tient autour du point zéro: on n'a pas à craindre un froid plus fort que — 6°. Dès la troisième semaine de juin, la température monte assez rapidement, la neige commence à fondre. La fonte procède si vite, qu'au milieu de juillet le pays ouvert, non occupé par des glaciers, est débarrassé de neige. Pendant la fonte, l'ascension des montagnes peut être dangereuse par suite des avalanches, ce qui fait que la saison des travaux, la détermination des stations finales et quelques observations des angles seules exceptées, ne s'étend guère que du milieu de juillet à la fin de septembre. Pendant cette saison, la température varie entre 0° et + 12°; vers la fin de septembre, elle descend quelquefois au-dessous de 0°.»

Quant à la force des vents, les observations faites au Spitzberg en 1872—73 et en 1882—83 [1]) démontrent clairement que dans les occasions de la plus grande transparence de l'air, supposée coïncider avec l'absence de nuages, elle était si faible, qu'à elle seule elle ne doit que très rarement pouvoir empêcher les observations avec un instrument tant soit peu abrité.

Le plus grave obstacle à craindre des conditions atmosphériques, c'est la fréquence des brouillards et des pluies dans ces parages, qui diminue naturellement de beaucoup les occasions d'effectuer des observations célestes et encore plus des observations terrestres. Il paraît

[1]) Voir Mém. de l'Acad. Royale des Sciences, Tome 12 N:o 7: Observ. météor. de l'expédition arctique suédoise de 1872—3, rédigées par Aug. Vijkander, et Observ. faites au Cap Thordsen par l'expédition suédoise, publiées par la même Académie.

assez vraisemblable que la crainte de pareilles entraves a été la cause principale de l'abandon du projet déjà mentionné de Sabine. Il semble pourtant que cette appréhension a été un peu exagérée.

Déjà le succès qui couronna les recherches faites en 1861 et 1864 pour le jalonnement du réseau de triangles, doit mettre en évidence que les occasions propres à l'observation d'objets éloignés n'ont point été rares, et que le temps serein n'est nullement un cas exceptionnel. C'est encore confirmé par l'expérience de plusieurs autres navigateurs arctiques et par leur récits des conditions climatologiques qui y règnent. Les observations mentionnées ci-dessus à Mosel Bay et à l'Isfjorden, en fournissent une confirmation ultérieure. Déjà à première vue on trouve que l'atmosphère était assez fréquemment libre de nuages pour admettre des observations célestes, plus particulièrement à l'Isfjorden. On pourra objecter, il est vrai, contre ces deux stations, qu'elles sont situées plus près de la surface de la mer que celles du réseau de triangles, et qu'ainsi elles ne sont pas propres à fournir des données pour juger de l'état atmosphérique à ces dernières; mais les points situés plus haut étant dans la règle moins sujets aux brouillards et à la brume, le résultat obtenu près de la mer ne doit pas conduire à des espérances trop favorables, plutôt le contraire.

Un examen plus attentif des observations mentionnées semble indiquer que les mois d'avril et de mai, ainsi que la fin de l'été, sont les saisons les plus propres à l'observation des angles terrestres. On peut du reste compter d'avoir dix-huit bonnes occasions pour ces mesures dans le cours de l'année, entre avril et septembre inclusivement.

La répartition des jours clairs et des jours nuageux varie toutefois considérablement d'année en année. Pendant ses explorations de 1861, Chydenius trouva les mois de juin—septembre les plus favorables pour l'exécution des travaux. C'est également le cas de mai, quand l'état de la glace n'y porte pas obstacle.

Il y a encore lieu de considérer une circonstance qu'on remarque aussi dans les parties montagneuses de la Suède, quoique non à un tel degré que dans les parages dont il est question ici. L'air au Spitzberg, quand il est libre de brouillard, devient souvent d'une clarté et d'une transparence tellement excessives, qu'on peut à peine les concevoir sans avoir vu ce phénomène de ses propres yeux. On ne voit alors pas la moindre trace de ces tons bleuâtres dont sont teints dans nos climats les objets éloignés, ceux-ci présentant essentiellement au Spitzberg les contrastes les plus éclatants de blanc et de noir, ce qui doit faciliter l'observation des mires aux grandes distances que l'on sera quelquefois contraint d'employer.

Des faits que nous venons d'exposer, on doit conclure que les conditions atmosphériques du Spitzberg sont sans doute assez défavora-

bles, mais que les craintes de leur inconvénients ont été passablement exagérées, et qu'on peut se faire des espérances bien fondées qu'elles n'apporteront pas des obstacles sérieux à l'exécution d'une mesure de méridien.

Reste à considérer les difficultés causées par l'état de la glace, probablement les plus gênantes de toutes, d'autant plus que la plupart des stations du réseau projeté sont situées assez près de la mer, et que tous les transports dépendent ainsi des obstacles plus ou moins grands que présente la glace dans les eaux environnantes. Les chenaux le long desquels le réseau projeté s'étend, ne sont point des plus accessibles parmi ceux qui environnent le Spitzberg. Particulièrement la partie plus au nord, située sur le Nordostlandet et les Sept-Iles (Sjuöarne), est d'une approche très incertaine, la condition de la glace étant souvent rude et difficile à juger d'avance. Selon Dunér et Nordenskiöld, on doit pouvoir atteindre les Sept-Iles chaque année, soit au premier printemps, soit vers la fin de l'été. Très souvent elles ont été accostées par des navires à voiles; les chances d'y parvenir seront donc sans nul doute beaucoup plus favorables pour un vapeur.

Le Hinlopen Strait semble apporter moins d'obstacles aux progrès d'un navire que les parages mentionnés. Les vents violents du sud-est, assez fréquents, débarrassent des glaces flottantes ce détroit, ou du moins sa partie nord, au delà des îles Vaijgats, ce qui arrive presque chaque année. La partie sud-est est plus encombrée, les îles susdites formant une barrière qui empêche la glace de s'éloigner. En conséquence, la station du Cap Torell, située au point sud-ouest de l'île Nord-est, sera sans doute très difficile à atteindre, mais c'est d'une minime importance, vu qu'elle peut être remplacée par Thumb Point, sans que la forme du réseau en souffre beaucoup.

Dans le Storfjorden, les conditions des glaces sont même un peu plus favorables que dans le Hinlopen Strait. En regardant la configuration de ce golfe, qui ne semble pas s'opposer à la libre circulation de la glace, on dirait que les vents du nord chassent en pleine mer la glace une fois détachée des rivages, mais que les vents du sud doivent amener un effet totalement contraire. Cette opinion est confirmée par l'expérience, les conditions glaciales de ce golfe étant depuis longtemps bien connues, parce qu'il a toujours été réputé comme fournissant une chasse excellente. Selon Dunér et Nordenskiöld, il n'a été inaccesible à des navires à voiles que pendant huit des années 1842—65, c'est-à-dire une année sur trois pendant une période de 24 ans. Au surplus, comme les chasseurs de phoques ne cherchent à pénétrer plus avant que quand ils ne trouvent pas de glaces flottantes dès son embouchure, la chance d'aller plus loin est beaucoup plus grande pour un navire à vapeur convenable. On pourra d'ailleurs

atteindre chaque année les stations de Whale's Head et de Whale's Point, près de l'embouchure du golfe.

3. Détails du réseau de triangles projeté.

Les recherches mentionnées de 1861 et de 1864 ont donné, comme résultat principal, le projet d'une chaîne de triangles partant du point le plus au sud du Spitzberg occidental sous la latitude de 76°30″ et s'étendant jusqu'à l'îlot le plus au nord du groupe des Sept-Iles (Sjuöarne), latitude 80°49′.

Dans les rapports concernant ces recherches, on trouvera que trois directions différentes ont été reconnues, une longeant la côte ouest du Spitzberg occidental, une autre passant au milieu de la même île, par Wijdebay et l'Isfjorden au Cap Sud, puis celle mentionnée dans l'article 2, laquelle a semblé mériter la préférence.

La première direction offre sans doute des avantages assez importants, comme communications plus commodes entre les stations, et des ports ouverts pendant un temps plus étendu de l'année, ainsi que propres à l'hivernage. Mais le terrain est en général très-difficile, du fait de montagnes élevées et peu accessibles; d'ailleurs l'arc mesuré serait devenu plus court que l'arc projeté d'un degré entier, c'est-à-dire d'un quart de son amplitude.

Quant à la seconde direction, qui passe par Wijdebay et l'Isfjorden, la reconnaissance donna le résultat qu'elle ne parut pas impossible, mais que sa partie sud, entre Bell Sound et le Cap Sud, semblait présenter des obstacles presque invincibles, et, dans tous les cas, qu'il ne fallait pas augmenter le nombre des stations. Au reste, le prolongement de cette chaîne aux Sept-Iles ne semblait pas causer des difficultés sérieuses, en s'aidant de certaines stations situées sur l'île nord-est.

Une mesure de longitude fut aussi projetée en conséquence. Elle devait partir de la terre du Roi Charles (Kung Carls land) par Walter Thymens Strait, le Storfjorden et l'Isfjorden au point sud de Prince Charles Foreland, embrassant une étendue d'environ 16 degrés de longitude. Le terrain ne présente guère d'obstacles insurmontables pour l'établissement d'une chaîne de triangles dans cette direction, mais comme la communication télégraphique entre ses extrémités serait trop coûteuse, on ne peut guère y songer.

Le choix est donc tombé sur la troisième ligne, bien qu'elle ne soit pas la plus facilement accessible quand la condition de la glace devient défavorable à la navigation. Les motifs relativement déterminants de ce choix ont été que les stations se trouvent pour la plupart assez près d'eaux navigables, le plus souvent accessibles pendant

quelque temps de l'année, et que la direction de la chaîne donne une extension plus grande dans la direction du méridien avec un nombre moindre de triangles.

La carte ci-annexée présente un plan du réseau de triangles auquel ces recherches ont conduit. On y a apporté seulement quelques modifications, en ce que le Cap Torell a été échangé contre Thumb Point, et que deux stations nouvelles, Hedgehog et le Cap sud [1]), y ont été introduites. Tous les pointages diagonaux y sont marqués.

Le réseau consiste dans les triangles suivants, pour la plupart joints en une simple chaîne, groupés dans le tableau ci-dessous, contenant le nom des stations, la valeur approximative des angles et la longueur en kilomètres des côtés opposés.

N:o	Stations	Angles	Côtés (en kilomètres)
	Parry	71°	25
1.	Walden	59	23
	Rossö	50	20
	Extreme Hook . .	34	20
2.	Walden	81	36
	Parry	65	33
	Cap Hansten . . .	53	33
3.	Extreme Hook . .	89	42
	Walden	38	25
	Celsii berg	30	25
4.	Cap Hansten . . .	113	47
	Extreme Hook . .	37	30
	Hekla Hook . . .	25	30
5.	Celsii berg . . .	115	66
	Cap Hansten . . .	40	47
	Forsii berg . . .	97	47
6.	Hekla Hook . . .	30	23
	Celsii berg	53	37
	Cap Fanshave . .	55	37
7.	Forsii berg	80	45
	Hekla Hook . . .	45	32

[1]) Dans les »Förberedande undersökningar», on désigne par Cap Sud (Sydcap) la station nommée dans la carte Keilhaus Berg (Mont de Keilhau), qu'on ne doit pas confondre avec la station du Cap Sud (Sydcap) projetée ici, station que l'on placera sur l'une des îles situées près de l'extrémité sud du Spitzberg occidental.

N:o	Stations	Angles	Côtés (en kilomètres)
	Cap Selander . .	56	32
8.	Forsii berg . . .	55	32
	Cap Fanshave . .	69	36
	Lovéns berg . . .	41	36
9.	Cap Selander . .	100	55
	Forsii berg . . .	39	35
	Thumb Point . . .	30	35
10.	Lovéns berg . . .	89	69
	Cap Selander . .	61	61
	Chydenii berg . .	60	61
11.	Thumb Point . .	49	53
	Lovéns berg . . .	71	67
	Hvita berget . . .	57	67
12.	Chydenii berg . .	26	35
	Thumb Point . .	97	79
	Svanbergs berg . .	114	79
13.	Hvita berget . . .	29	43
	Chydenii berg . .	37	52
	Förvexlingsudden .	87	52
14.	Svanbergs berg .	36	31
	Hvita berget . . .	57	44
	Cap Agardh . . .	44	44
15.	Förvexlingsudden .	72	61
	Svanbergs berg .	64	57
	Cap Lee	85	57
16.	Cap Agardh . . .	45	41
	Förvexlingsudden .	50	44
	Whales Point I .	35	44
17.	Cap Agardh . . .	55	62
	Cap Lee	90	77
	Whales Head . .	78°	77
18.	Whales Point . .	50	60
	Cap Agardh . . .	52	62

N:o	Stations	Angles	Côtés (en kilomètres)
	Hedgehog	37	62
19.	Whales Had . . .	105	99
	Whales Point . .	38	63
	High Rock . . .	41	63
20.	Hedgehog	65	87
	Whales Had . . .	74	93
	Keilhausberg . .	52	93
21.	High Rock . . .	18	36
	Hedgehog	110	111
	Syd Cap	54	111
22.	Keilhausberg . . .	117	122
	High Rock . . .	9	21

Pour la mesure des bases, on trouve dans la partie nord du réseau deux endroits très convenables, savoir à Lågön (l'Ile basse) et sur le rivage ouest de Treurenbay, tous les deux offrant une connexion avantageuse avec le réseau principal. Dans la partie sud, on rencontre également sur les rivages du Storfjorden plusieurs endroits entre lesquels on peut se décider d'après la condition de la glace et la facilité d'effectuer la liaison de la base avec le réseau principal.

4. Discussion et critique de la chaîne de triangles projetée.

On ne saurait guère contester qu'avec des conditions des glace et de temps tant soit peu favorables, le réseau projeté entre les Sept-Iles, par le détroit de Hinlopen et le Storfjorden au Cap Sud, ne doive présenter les plus petites difficultés à la réalisation d'une mesure de méridien au Spitzberg.

La partie nord ne semble pas devoir provoquer des objections sérieuses, car les îles les plus au nord ne sont guère difficiles à atteindre avec un vapeur convenable, et les stations sont peu éloignées des rivages. Même à défaut d'un bon port, on pourra débarquer les instruments et les autres attirails sans beaucoup de délais, et en faire le transport aux stations, qui semblent devenir libres de neige et de glace dans le cours de juillet. La montagne de Forsius (Forsii berg) est éloignée du rivage de 10 kilomètres, mais selon le rapport de Dunér et de Nordenskiöld, l'ascension n'en est nullement incommode.

Si, dans cette partie du réseau, quelques-uns des angles étaient jugés trop aigus, il peut y être remédié en ajoutant une station à

Lågön, ce qui du reste aura naturellement lieu, si cette île est choisie comme emplacement pour la base.

Dans la partie suivante, au sud, jusqu'à 79°, on remarquera seulement qu'à l'égard du choix entre le Cap Torell et Thumb Point comme station, on ne doit pas hésiter à adopter le dernier, attendu que le Cap Torell sera vraisemblablement d'accès difficile; ce choix ne gâte d'ailleurs que très peu la forme des triangles.

Les stations plus au sud qui peut-être présenteront des difficultés sérieuses, sont le mont Chydenius et Hvita berget (le Mont-Blanc).

Pour arriver au mont Chydenius, la carte présente plusieurs chemins. L'un d'eux part du fond de l'Isfjorden, Billen Bay, la distance rectiligne étant de 45—50 kilomètres. Le chemin à parcourir n'est pas très connu, et offre peut-être des obstacles graves au transport des instruments et de l'attirail de tentes, des provisions, des matériaux pour la mire de pointage etc, qui exigent un bon nombre de porteurs.

Un autre chemin, présumé plus accessible, conduit de la branche intérieure de Wijde Bay, l'Ostfjorden, que l'on peut espérer trouver débarrassé de glace. La distance à parcourir n'est plus qu'environ la moitié de l'autre, mais on ne connaît rien non plus de l'état du chemin. Ce dernier semble pourtant le plus favorable, les autres en question, savoir ceux de Lomme Bay ou de Ginevra Bay, passant près de la station du mont Svanberg, ayant la même longueur que celui de l'Isfjorden et pouvant présenter des obstacles également sérieux.

Le réseau ayant reçu un élargissement considérable, avec des côtés très longs, sur un plateau de glace élevé de plus de 500 mètres au-dessus de la mer, les lignes de pointage effleurant presque la surface de celle-ci, et les observations des angles étant en conséquence difficiles à effectuer, il est fort à souhaiter que l'on puisse trouver, environ 20—30 kilomètres à l'est du mont Chydenius, une autre hauteur suffisamment dominante, de laquelle on verra le mont Lovén, Thumb Point, Hvita Berget, le mont Svanberg ou d'autres sommets convenables. Les recherches de Chydenius indiquent que ce doit être possible à l'aide de l'une des îles Vaijgatz (p. ex. l'île Vahlberg); on pourrait faire avancer le réseau avec des triangles d'une forme plus avantageuse, et effectuer, avec plus de probabilité, sans trop de difficultés la mesure des angles terrestres. Tout cela, cependant, doit être considéré uniquement comme un desideratum que l'on ne doit pas perdre de vue, si les conditions du terrain et d'autres invitent à un changement pareil dans le plan antérieur.

La solution probable de cette question sera cependant que l'on ne choisira pas le mont Chydenius comme station d'observation, mais

qu'on essayera d'y ériger une mire, soit en pierres, soit avec des matériaux y transportés de Wijde Bay, le sommet de la montagne étant au moins partiellement dénué de glace selon les renseignements de Chydenius et d'autres.

Nonobstant l'extension considérable du réseau au parallèle de 79° en comparaison des parties situées au nord et au sud, les inconvénients pourront facilement être diminués en faisant un plus grand nombre de pointages en général, et particulièrement des diagonales, dont au moins celle de Lovéns Berg — Hvita Berget ne présente aucun obstacle. Quant à celles de Lovéns Berg — Svanbergs Berg et de Svanbergs Berg — Thumb Point, on ne possède pas de renseignements certains, mais il est probable qu'on pourra les employer.

La station de Hvita Berget ne laisse pas de donner un peu d'inquiétude, surtout comme station d'observation, le mont étant couvert de neige et de glace, peut-être d'une telle épaisseur qu'on sera contraint d'établir et la mire et l'instrument sur la couche de glace, si toutefois on peut compter sur son immobilité. Autrement, il faudra chercher dans sa proximité une autre station fournissant un fondement plus stable. Cette incertitude ne peut être dissipée qu'en visitant la place.

Une remarque que l'on fera peut-être sur le triangle le plus au sud, c'est que les deux lignes de Keilhaus Berg à Whales Head et à Whales Bay sont d'une longueur telle (112 et 138 kilom.), qu'elles effleurent à peu près la surface de la mer, ce qui empêche un bon pointage. Cet inconvénient pourra être évité en ajoutant une station de plus entre Keilhaus Berg et Whales Bay, p. ex. au Mount Hedgehog. Selon la carte, cette montagne paraît saillir dans la mer entre les glaciers, et offrir ainsi au moins une possibilité d'ascension. Au reste, les stations des bords du Storfjord doivent être d'un accès comparativement facile aussitôt que le golfe sera navigable; on pourra donc compter sur l'emploi de l'héliotrope comme point de mire.

Tout ce qui a été dit, repose toutefois sur l'admission que la condition de la glace sera suffisamment favorable pour qu'à l'aide de la vapeur on puisse naviguer la mer et les chenaux, et effectuer les transports aux stations situées près des rivages.

Dans le cas opposé, plusieurs des stations seront presque impossibles à atteindre, ou du moins l'accès en sera fort difficile, principalement à celle du Spitzberg oriental. Les stations du Spitzberg occidental pourront toujours être gagnées par des expéditions sur la glace intérieure au travers de l'île, pendant toute la durée de l'été. En vue d'une éventualité pareille, on doit être préparé à recourir à l'autre chaîne, celle du Spitzberg occidental, jusqu'aux points terminaux déjà nommés, Keilhaus Berg et Cap sud. Les stations au nord,

du parallèle de Hekla Hook jusqu'aux Sept-Iles ne pourront être atteintes qu'avec un navire, ou aussi par la glace pendant le printemps.

La conduite d'un réseau au Spitzberg occidental n'aura guère d'autre inconvénient que la perte de temps nécessaire pour la reconnaissance des nouvelles stations. Les »Anteckningar till Spetsbergens geografi» (p. 7) montrent que tout le pays intérieur, excepté peut-être une partie de faible largeur entre l'Isfjorden et Bel Sound, forme un vaste plateau de glace assez uni, interrompu ça et là par des sommets de montagne saillants; les recherches antérieures font voir que peu d'obstacles s'opposent à la jonction, par un réseau de triangles, de Verleegen Hook avec la partie sud de Bel Sound. Au reste, les expéditions récentes ont fourni une bonne connaissance du plateau de glace intérieur, et éloigné les vieilles appréhensions de ces dangers; elles ont donné en outre une foule d'expériences sur la manière de s'équiper et de traverser les champs de glace.

La partie du Spitzberg occidental située le plus au sud, entre Bell Sound et le Cap sud, oppose, selon Dunér et Nordenskiöld, des obstacles très grands à la conduite d'un réseau, par suite de son terrain tout particulièrement coupé, exigeant un grand nombre de petits triangles, sources d'embarras et de retard.

On ne peut guère décider d'avance si un plus grand nombre de triangles, de dimensions modérées, causeront des retards dans le travail. Dans les triangulations des parties montagneuses de la Suède, on a remarqué que les côtés de triangles très longs sont ceux qui amènent le plus de retards. Cela dépend en partie de la difficulté, par un temps un peu brumeux, de distinguer nettement les mires à une grande distance, mais encore de ce que les sommets des hautes montagnes choisis pour stations, restent souvent ensevelis dans des nuages pendant que les hauteurs moins considérables sont simultanément parfaitement visibles, et permettent aux observateurs de travailler sans interruptions. Enfin, avec des triangles pas trop grands, on aura plusieurs occasions de faire de pointages de contrôle, d'où l'avantage de ne pas être contraint de visiter toutes les stations pour y pratiquer des pointages, mais seulement pour l'érection des mires.

On pourra donc regarder cette dernière ligne de Hekla Hook par le Spitzberg occidental comme une alternative à choisir, une expédition future devant être dans ce cas équipée de manière à pouvoir faire de longues courses sur le plateau de glace intérieur.

5. Les opérations géodésiques et astronomiques.

Il est évident qu'une entreprise scientifique comme celle en question doit autant que possible être conduite de façon à satisfaire à toutes les exigences de la science moderne. Tout l'attirail,

en instruments et autres objets, doit donc être de la meilleure qualité. Le programme scientifique sera soigneusement étudié jusque dans ses moindres détails; le personnel scientifique possèdera de bonnes connaissances théoriques jointes à une habileté parfaite dans toutes les opérations nécessaires à l'exécution des travaux.

Les circonstances difficiles dans lesquelles les opérations de mesure s'exécuteront dans ces parages, entraîneront néanmoins quelques modifications dans la forme la plus parfaitement stricte du problème à résoudre. Cette forme exigerait que la figure mathématique de la surface que comprend le réseau de triangles, fût déterminée indépendamment de toute hypothèse sur la loi de la formation de cette surface. Ce n'est que très rarement que ce problème a pu être réalisé dans toute sa rigueur; dans les parages en question, il a fallu laisser de côté deux opérations nécessaires à une solution entièrement libre d'hypothèses. Les obstacles que présente le terrain n'admettent point un nivellement de précision, et il faut se résigner à l'abandon de la mesure trigonométrique des hauteurs, à laquelle on ne pourra donner la précision nécessaire par suite des grandes irrégularités de la réfraction terrestre et de leur influence sur les distances zénithales des mires. Mais si l'on s'est vu contraint de mettre de côté quelques-unes des opérations qu'exige une détermination tout-à-fait libre du polyèdre formé par le réseau, on aura pourtant une chance très-grande d'obtenir un résultat possédant un poids tout particulier, d'une part pour la détermination de la forme générale de la surface terrestre, de l'autre pour la solution de certaines questions physiques importantes relativement aux contrées situées à ces hautes latitudes.

En traçant le programme des mesures à exécuter et des moyens d'exécution, il faut avoir l'attention toujours fixée sur les circonstances exceptionnelles et défavorables qui règnent dans ces parages dénués de toute ressource. Dans ce but, on fixera d'avance le minimum d'observations à achever, et on combinera les diverses opérations de la manière la plus effective, afin que pas un moment d'un temps peut-être extrêmement précieux ne soit prodigué en cherchant un excès de précision au delà du nécessaire. La précision suffisante pour les quantités les plus importantes une fois déterminée, celle des autres mesures sera réglée en conséquence, afin de prévenir, ce que l'on voit quelquefois, que beaucoup de temps ne se gaspille à chercher une précision superflue avec sacrifice d'un temps que l'on aurait pu mieux mettre à profit. Cela n'exclut pas des soins spéciaux quand ils ne causent pas d'inconvénients à d'autres égards.

Ces principes établis, on se décidera facilement sur la grandeur et la forme des mires, sur le nombre des observations, tant astronomiques que géodésiques, ainsi que sur le degré de précision auquel on poussera la mesure des bases.

Les opérations à exécuter au Spitzberg seront donc les suivantes:

a. Choix définitif des stations géodésiques et érection des mires.

b. Mesure de deux bases près du réseau principal de triangles.

c. Observation des angles horizontaux et verticaux à toutes les stations où se feront les déterminations astronomiques, ainsi qu'aux stations des réseaux de jonction entre les bases et la chaîne principale.

d. Observations d'azimuth à deux stations au moins.

e. Observations de latitude à quinze stations au moins.

f. Observations de pendule à deux stations au moins et à la station de Sabine.

g. Construction de cartes topographiques sur l'échelle de $\frac{1}{500.000}$, avec les recherches géologiques s'y rapportant.

a. *Érection des mires aux stations définitives.*

A l'arrivée au Spitzberg, la première tâche, assez difficile, que l'on aura à remplir, sera l'examen des stations projetées, l'échange de celles qu'il faudra rejeter pour d'autres plus effectives, et l'érection de mires sur celles qui deviendront immédiatement des objets de pointage.

La forme convenable des mires dépend de plusieurs circonstances, comme la grandeur des distances, la condition du fond contre lequel elles se projettent, les matériaux disponibles etc. La forme la plus convenable sera celle d'un cylindre ou cône, construit en pierres, aussi régulier que possible, et aussi haut que le permettra sa stabilité; le cylindre à employer partout où l'on trouvera suffisamment de pierres, dans d'autres cas le cône, qui doit être généralement praticable. Ces »cairns», s'ils sont projetés contre un fond clair, doivent être badigeonnés de quelque couleur noire, non luisante, qui résiste à la pluie.

Aux stations où il n'y a pas de pierres, ou qui se projettent contre un fond sombre, on dressera des tableaux de bois peints en blanc quand le fond est sombre, en noir quand il est clair. Sur quelques points, on sera contraint de dresser deux tableaux, placés en angle, quand la mire doit être visible sous des directions différentes. Les tableaux se clouent à une forte perche dont le bout s'appuie sur le sol, et qui est soutenue par des supports assez forts pour résister au plus gros vent. Quelquefois aussi on pourra soutenir la perche centralement en entassant autour d'elle une grande quantité de pierres.

A la partie nord du réseau, on aura à choisir entre des cairns et des tableaux. Sur les stations au sommet des montagnes, ou dans d'autres localités d'un accès difficile, on emploiera des cairns, pourvu qu'il s'y trouve assez de pierres. Il sera très avantageux de placer au centre du cairn un poteau avec une mire au sommet, p. ex. un tonneau, parce qu'on peut craindre que la neige ne s'entasse irrégulièrement autour du cairn et n'en fausse le pointage. Au Lågön, et

généralement aux stations de peu d'élévation, on placera des mires en bois, de couleur sombre ou claire, selon la nature du fond.

Même pour les autres stations on pourra se décider d'avance sur la nature des mires. Au Förvexlingsudden il faudra ériger deux tableaux placés en angle droit, l'un avec son plan dans le méridien, l'autre dans le parallèle. On décidera sur place si la perche portant les tableaux sera installée dans un cairn ou maintenue par des supports. Si, au Hvita Berget, il est possible de pénétrer jusqu'à la roche, on y placera deux tableaux tournés comme il est dit ci-dessus, la perche du milieu soutenue par des supports. De même au Cap sud. Aux autres stations, des cairns suffiront probablement, surtout s'ils portent au milieu un tonneau ou un autre objet, comme on en a déjà fait la remarque.

Quant aux dimensions des mires, un angle de vision de 2—5″ doit suffire pour qu'elles soient facilement perceptibles quand le pointage se fait entre deux fils parallèles placés à une distance de 20″—30″, méthode avantageuse dès qu'il s'agit d'apercevoir des objets de petite intensité. Enfin, on ne négligera pas d'employer l'héliotrope toutes les fois que les circonstances le permettront.

Les centres des mires aux stations astronomiques et surtout à la plus au sud, à la plus au nord, et aux points extrêmes des bases, seront marqués avec précision et d'une manière durable et parfaitement visible, afin qu'on puisse les retrouver sans difficulté.

b. *Mesure des bases.*

Pour l'exécution de cette opération délicate, la méthode Jäderin, au moyen de cordes de métaux différents, sera sans doute la plus convenable. Des épreuves réitérées faites avec le plus grand soin à St.-Pétersbourg et à Pulkova, on peut certainement conclure que cette méthode possède un degré de précision qui la rend parfaitement applicable à l'oeuvre scientifique en question.

On est en effet parvenu au résultat que si cet appareil est manié avec soin, et, par dessus tout, la longueur des cordes déterminée avec précision, l'erreur probable de la ligne mesurée ne doit pas excéder $\frac{1}{100.000}$ de sa longueur.[1]) La recherche de la longueur absolue des cordes peut s'effectuer au moyen d'un comparateur spécial muni d'un étalon, qui fera partie de l'attirail de l'expédition, ou aussi par la mesure sur place, avec un autre appareil plus parfait, d'une base plus petite.

L'appareil Jäderin possède encore des qualités qui le rendent particulièrement avantageux au Spitzberg, dans les circonstances si éminemment défavorables qui pourront y survenir. Avec cet appareil,

[1]) Voir: »Bericht für die Periode 1887 Mai 1 bis 1889 Nov. 1, dem Comité der Nicolai Hauptsternwarte.» S:t Petersburg 1890.

la mesure s'effectue sur un terrain offrant des pentes beaucoup plus rapides que ne le permettent d'autres appareils présentant la même exactitude, l'opération procède avec une rapidité bien plus considérable, soit de près de 4 kilom. par jour, et enfin on est moins dépendant de l'état du temps.

c) *Mesure des angles horizontaux et verticaux.*

A la mesure des angles aux stations d'accès difficile, on employera l'instrument universel de grandeur moyenne, d'une grande stabilité et d'un pouvoir lumineux considérable. Il doit être muni d'une lunette droite, dans le but d'assurer une flexion constante de la lunette, et le réticule sera marqué sur une plaque de verre, afin d'éviter l'effet nuisible de l'humidité. Les cercles seront d'environ 20 cm. de diamètre. Lecture avec microscope. L'emballage se fera dans des caisses inperméables à l'eau, fort solides, et sera aménagé de la manière la plus commode pour admettre le transport même dans les conditions les plus difficiles. Le support consistera en une plaque de métal, avec trois pieds, de douille d'acier, qu'on entourera d'une matière non conductrice de la chaleur.

Aux mesures d'angles terrestres exécutées dans les parties montagneuses de la Suède avec un instrument pareil, monté sur un support en bois, l'erreur moyenne m d'un angle déduit de 5 séries ou 10 pointages, s'est montrée comporter 0″.7, valeur calculée des données de tous les triangles selon la formule:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma\omega^2}{3n}},$$

où ω = l'erreur de clôture d'un triangle, et

n le nombre des triangles du système que l'on considère.

Il n'y a guère matière à doute que cette précision, ou même une plus grande encore, ne soit obtenue au Spitzberg par l'emploi du support en métal, indépendant de l'humidité, et dont la dilatation par la chaleur, sinon moindre, sera plus régulière que celle d'un support en bois.

Le nombre des pointages pour les angles horizontaux doit être, dans la règle, le même pour tous. On pourrait, il est vrai, les faire dépendre un peu de la forme des triangles; mais comme en général les conditions atmosphériques exerceront une influence considérable sur la précision des mesures, et comme aussi les pointages des lignes diagonales décideront du résultat final, la manière proposée sera la plus simple et la meilleure.

Pour les triangles principaux, on fixera 10 pointages comme minimum; mais dans ceux qui lient les bases au réseau principal, où l'on peut employer un instrument encore plus grand que ceux propo-

sés ci-dessus, on aura toujours le moyen de parvenir à une exactitude supérieure.

Dans l'admission que les bases ont été bien placées par rapport au réseau principal, et que leur jonction à ce réseau a été effectuée avec une précision de $\frac{1}{100.000}$, on n'aura guère à craindre, pour tout l'arc entre Rossön et Keilhaus Berg, qu'une erreur moyenne de $\frac{1}{50.000}$ à $\frac{1}{10.000}$, c'est-à-dire de 10—12 mètres. Or, comme l'erreur moyenne d'une détermination de latitude (voir plus bas) atteint jusqu'à 0″,5, ou 17 mètres dans la direction du méridien, la précision calculée de la mesure géodésique doit paraître satisfaisante.

La mesure des hauteurs au moyen de distances zénithales correspondantes et simultanées des objets, ne pourra pas s'exécuter sur tous les points, vu la perte de temps et le personnel plus nombreux qu'elle exigerait, ce qui n'empêche pas qu'exceptionnellement on ne puisse y procéder quand les observateurs se trouvent à des stations voisines. Des groupes d'observations des distances zénithales dans un sens consistant en 2—3 séries de pointages, avec certains intervalles de temps pour éliminer quelque peu les variations de réfraction, doivent suffire pour la mesure de la différence de hauteur des points, chose qui a toujours de l'intérêt pour la géographie.

L'observation des angles terrestres, de première nécessité à toutes les stations où l'on fera des déterminations de latitude, ne l'est pas également aux autres points du réseau. On pourra donc s'épargner beaucoup de temps et de travail sans compromettre la précision voulue ou la certitude sur l'identité des objets visés. Au plus grand nombre de stations on sera à même de faire le pointage des diagonales, par lequel le réseau gagnera tant en solidité qu'en contrôle.

Dans les triangles où l'on ne peut se procurer un contrôle pareil, et où l'on n'a mesuré que deux angles, il faut établir, comme condition indispensable, qu'il n'y aura pas le moindre doute sur l'identité de l'objet visé, ce qui du reste n'est pas fort à craindre dans un pays aussi désert que le Spitzberg, où l'on ne rencontre guère d'objets qu'il soit possible de confondre avec les mires auxquelles on a donné une forme régulière et caractéristique.

Les points que l'on ne visitera que pour y ériger des mires, sont naturellement ceux dont l'accès est le plus difficile; ils sont situés dans la partie est du réseau, et s'appellent Extreme Hook, Cap Selander, Mont Chydenius, Förvexlingsudden, Cap Lee, Whales Point et High Rock.

d. *Mesure des angles azimutaux.*

Les observations d'azimut pour l'orientation du réseau s'exécuteront au moyen de mesures de l'angle entre un objet terrestre et

l'étoile polaire, la situation de cette étoile tout près du pôle ainsi que son éclat la rendant très propre à ce but. L'erreur moyenne de cette méthode d'observation dépend de deux termes, l'un provenant du pointé sur l'objet terrestre, dont la distance zénithale est toujours à peu près 90°, l'autre de celui sur l'étoile, dont la distance zénithale est le complément de la latitude du lieu d'observation. Elle s'exprimera ainsi:

$$\Delta a^2 = m^2 + n^2 \sec^2\varphi,$$

en désignant par Δa l'erreur moyenne de l'angle azimutal, par φ la latitude du lieu, par m et par n les erreurs moyennes du pointé sur l'objet terrestre et de celui sur l'étoile.

Pour une série de 6 pointés sur un objet terrestre, avec un instrument à cercle horizontal de 12 pouces de diamètre, l'erreur moyenne a été constatée $= \pm 0''.7$, et celle du même nombre de pointés sur l'étoile $= \pm 1''.51$, à la latitude de 61° 25′. Le résultat de ces déterminations faites à douze stations de la triangulation suédoise, donne la valeur des constantes m et n. La formule de la dite erreur moyenne à une latitude quelconque devient:

$$\Delta a = \pm \sqrt{0.49 + 0.41 \sec^2\varphi}\ ^{1)}$$

Quoique l'on puisse s'attendre en conséquence à ce que l'erreur moyenne des observations d'azimut croîtront, à ces hautes latitudes, jusqu'à 3″—4″, on devra trouver qu'une série de 5 mises suffira pour la détermination de la position du réseau par rapport au méridien. Des observations pareilles seront au moins faites à deux points du réseau.

En choisissant ces points, il faut s'assurer que l'on puisse obtenir un fondement parfaitement solide pour l'instrument, ces observations exigeant une installation beaucoup plus soignée que celle dont on a besoin pour les autres mesures angulaires. L'examen de l'inclinaison de l'axe horizontal est de première importance, vu qu'une déviation de cette inclinaison, à la latitude moyenne du réseau p. ex., cause une erreur cinq fois plus grande dans l'angle d'azimut. On choisira donc pour ces observations des stations parmi celles qui joignent les bases au réseau principal.

Enfin, on doit remarquer que, si les circonstances permettent qu'elles soient faites avec une précision suffisante, les observations d'azimut sur d'autres stations du réseau principal sont d'une grande valeur, tant pour le contrôle qu'elles exercent sur les côtés des triangles que pour la solidité générale du réseau.

e. *Les observations de latitude.*

Les opérations astronomiques pour la détermination des latitudes forment la partie la plus délicate et la plus importante de tout le

[1]) De ces observations d'azimuth à 9 stations Struve a calculé la formule $\Delta a = \pm \sqrt{0.586 + 0.675\, tj^2\varphi}$. Voir arc de méridien 29° 20′ etc. I. 218.

travail. Le choix de la méthode à suivre pour leur exécution est assez circonscrit par suite de la vive lumière du jour polaire, jointe à l'éclat scintillant des champs de neige et de glace, qui excluent la possibilité d'observer des étoiles d'un éclat plus faible que celles de la troisième grandeur. Pour les observations au premier vertical, on n'a guère une seule étoile suffisamment convenable, pour la méthode Talcot pas un seul couple d'étoiles. On se voit donc réduit à n'employer que l'observation des distances au zénith circumméridiennes.

Dans l'emploi de cette méthode, on se verra le plus souvent contraint d'exclure de son programme les étoiles culminant au sud, ce que l'on pourra faire sans inconvénient, comme il sera démontré plus bas. Comme étoile au nord, l'étoile polaire sera la plus favorable par son éclat et par sa proximité du pôle. Avec le pouvoir optique qu'on sait actuellement donner aux lunettes des instruments transportables, on devra être en état d'observer cette étoile à toutes les heures de la journée, toutes les fois que la condition de l'atmosphère n'y portera pas obstacle.

Il y aura lieu, il est vrai, de prendre en considération l'influence exercée par la réfraction et par la flexion de la lunette; ces deux inconvénients ne peuvent être parfaitement éliminés que moyennant des observations d'étoiles au sud, à égale distance zénithale. Ces causes d'erreur ne pourront pourtant pas influer beaucoup sur les observations en question, les distances zénithales de l'étoile polaire étant limitées entre 7° 28′ et 15° 17′. A ces petites distances zénithales, la réfraction et la flexion de la lunette sont proportionnelles à $\operatorname{tg} z$ et $\sin z$; leur variation ne peut donc avoir qu'une influence fort légère. A une flexion constante, l'effet de cette dernière disparaît totalement, puisqu'enfin c'est la différence entre les latitudes que l'on cherche. A cet égard, on choisira un instrument à lunette droite, dont la flexion se tient plus constante que celle d'une lunette brisée avec prisme.

En considération des irrégularités de la densité de la croûte terrestre et de leur influence sur la direction de la pesanteur, on pourra fixer une erreur moyenne de 0″.5 comme précision suffisante pour les déterminations de latitude, cette erreur n'étant au plus qu'environ un quart de la déviation moyenne 2″.44 déduite en 1880 par Clarke dans son calcul des dimensions de la terre. Une précision pareille de 0″.5 excède encore l'exactitude avec laquelle on pourra calculer l'action provenant de l'inégale distribution des continents et des mers, ainsi que des défauts d'homogénéité des couches géologiques qui environnent les points d'observation.

A en juger par les résultats obtenus pendant les nombreuses déterminations de latitude exécutées en Suède, on doit, dans le cours de quatre heures, avec un instrument de la grandeur indiquée ci-dessus, pouvoir effectuer, à l'aide de l'étoile polaire, une détermination de

latitude avec erreur moyenne de $\pm$ 0".2. Au moyen du soleil ou d'une étoile convenable, on aura le temps avec assez de précision, vu qu'aux observations de l'étoile polaire dans ses digressions plus grandes, le maximum d'erreur en latitude ne monte pas à plus de 0".34 pour une erreur en temps de 1^s. Enfin, si, par suite d'une cause quelconque, la correction du chronomètre n'est pas parfaitement connue, on aura toujours la ressource de faire les observations quand l'étoile se trouve dans les parties de son cours diurne où une erreur de temps n'exerce qu'une influence minime.

On remarquera enfin qu'on ne doit point changer la position du cercle vertical. On gagnera ainsi en temps, et un changement pareil est du reste superflu, attendu d'une part que les irrégularités de division du cercle pourront être examinées à part, et de l'autre qu'elles n'auront pas une influence sensible sur le résultat cherché, savoir la différence des latitudes.

Souvent, à l'arrivée à une station, il importe de pouvoir immédiatement orienter l'instrument, ou trouver le point nord du cercle horizontal pour effectuer le pointage de l'étoile polaire. La meilleure méthode à cet effet sera, dans la plupart des cas, d'observer la distance zénithale d'un astre, du soleil par préférence, et de faire en même temps la lecture du cercle horizontal. Quand les variations de cette distance sont trop petites pour qu'on puisse se servir avantageusement de cette méthode, on doit cependant, à l'aide d'une connaissance approximative du temps, trouver l'azimuth avec une précision suffisante pour le but nommé, en vue duquel on calculera d'avance des tables auxiliaires commodes.

Le nombre et les points des stations pour les observations de latitude seront fixés en vue principale d'obtenir la vraie forme de l'arc du méridien avec la plus grande exactitude possible. Comme, vu la constitution du terrain, on doit s'attendre à des déviations assez considérables dans la direction de la pesanteur aux stations des deux bouts de la chaîne situées près de la mer, il faut y faire des observations de latitude en plusieurs endroits afin de pouvoir en suivre le cours. Ce ne sera pas nécessaire aux stations du milieu de l'arc; mais comme dans tous les cas il faudra les visiter pour avoir les angles terrestres, et que quelques heures d'observations astronomiques ne doivent pas conduire à une perte de temps de bien grande conséquence, on posera comme règle d'en faire partout où la mesure des angles terrestres aura lieu. Le nombre des stations déterminées astronomiquement ne sera nullement trop grand; au contraire, avec un bon nombre de stations, le résultat final gagnera en importance et en perfection.

La différence de latitude entre Whales Head et Keilhaus Berg étant de près d'un degré, il serait à souhaiter que l'on découvrît entre ces deux points une station intermédiaire, qui renforcerait en même

temps le réseau et faciliterait l'observation des angles terrestres. Selon la carte, on rencontrerait à Hedgehog un point pareil, dont la détermination trigonométrique ne doit ni causer de difficulté ni augmenter le travail; ou aura enfin le moyen de se servir de la méthode de Pothenot, si on ne trouve pas l'occasion d'y ériger une mire à pointer depuis d'autres stations.

Les stations qui devront être déterminées astronomiquement, sont:

1.	Rossön ou Lilla Tafelön,	sous la	latitude	approx.	de	80° 49′
2.	Parrys' Ö	»	»	»	»	80 39
3.	Walden Ö	»	»	»	»	80 37
4.	Cap Hansten [1])	»	»	»	»	80 18
5.	Celsii Berg	»	»	»	»	80 3
6.	Hekla Hook [2])	»	»	»	»	79 54
7.	Forsii Berg	»	»	»	»	79 52
8.	Cap Fanshawe	»	»	»	»	79 36
9.	Lovéns Berg	»	»	»	»	79 24
10.	Thumb Point	»	»	»	»	79 2
11.	Svanbergs Berg	»	»	»	»	78 40
12.	Cap Agardh	»	»	»	»	78 6
13.	Whales Head	»	»	»	»	77 32
14.	Hedgehog	»	»	»	»	76 58
15.	Keilhaus Berg	»	»	»	»	76 37
16.	Deux points au Cap sud	»	»	»	»	76 26.

f. *Observations de pendule.*

Parmi les points importants des recherches géophysiques, il faut placer l'examen de la grandeur de la pesanteur à des lieux divers de la surface terrestre. Il entre aussi comme partie intégrante du programme des opérations géodésiques internationales; donc il doit également entrer de plein droit dans celles du Spitzberg, d'autant qu'à ces hautes latitudes les recherches en question sont d'un intérêt tout particulier. Les observations peuvent du reste désormais être exécutées beaucoup plus facilement qu'autrefois, grâce à l'appareil pour observations relatives construit par Sterneck, très simple, facile à dresser et à transporter sans le moindre danger de dérangement. On pourra les organiser sans empiéter sur le temps destiné aux observations géodésiques ou astronomiques, vu qu'elles sont tout-à-fait indépendantes de l'état du temps, et qu'elles doivent en tout cas s'exécuter dans un lieu fermé. Les points les plus favorables dans ce but sont les stations pour la mesure de bases et les observations astronomiques,

[1]) Si la mesure de la base vient à s'exécuter au Lågön, on pourra choisir un autre point au lieu du Cap Hansten, si on en trouve un plus convenable.

[2]) Si la mesure de la base s'exécute sur le rivage est de Treuren Bay, on y choisira quelque point convenable pour y faire des observations de latitude.

car on aura là immédiatement les déterminations de temps nécessaires. En outre, le transport des supports en pierre pour les appareils de pendule s'y fera plus commodément, attendu que les bases seront situées sur des terrains comparativement bas et facilement accessibles.

Comme places propres à ce but, on peut considérer Lågön, le rivage est de Treurenbay, le Cap sud et la base orientale du rivage du Storfjord.

Enfin, il serait d'un haut intérêt de faire ces observations au lieu même où Sabine faisait en 1823 les siennes devenues si célèbres, et qui, vu la haute latitude du lieu, ont toujours figuré et dans les calculs de l'aplatissement du globe déduit des observations de pendule. On effectuera ainsi une liaison importante entre les mesures de Sabine et celles en question, de même qu'un contrôle de toutes les deux.

g. *Cartes topographiques et géologie.*

Comme travaux complémentaires, enfin, et dans le but de procurer aux travaux géodésiques leur pleine valeur, on ne doit pas négliger des recherches sur la forme du terrain, sur l'état de la croûte terrestre, et surtout sur son poids spécifique; il sera possible de calculer par ce moyen l'influence exercée sur la direction de la pesanteur par les parties superficielles de la terre, solides et liquides. De ce calcul et de la comparaison de ces résultats avec les divergences observées, on pourra peut-être tirer des conclusions sur l'existence de masses perturbatrices cachées à la vue, et si, d'accord avec l'hypothèse de Faye, il existe sous la surface solide du globe une diminution de densité correspondant à un accroissement sous la mer. Il serait sans le moindre doute d'un haut intérêt de savoir si c'est le cas.

Dans ce but, on dressera une carte géographique du pays à l'échelle de $\frac{1}{300.000}$; aux points importants, comme dans le voisinage des stations astronomiques et surtout aux extrémités de l'arc mesuré, on en fera une à une échelle plus grande, figurant le terrain et ses conditions hypsométriques par des courbes horizontales, équidistantes de 50—100 mètres, avec indication en outre de la profondeur de la mer jusqu'à une certaine distance du rivage.

L'expérience obtenue aux relèvements de cartes des parties montagneuses de l'Italie et d'autres pays, ne permet plus de douter qu'une carte comme celle proposée ici ne puisse s'effectuer au moyen de la photogrammétrie, le Spitzberg offrant un terrain bien caractérisé et entièrement dénué de végétation. Les photographies remportées par les dernières expéditions semblent confirmer ces expériences. Pour l'exécution des travaux, on aura de nombreuses heures de loisir dues à l'état défavorable du temps, lequel toutefois n'empêche pas les travaux topographiques.

Notre connaissance des formations géologiques du Spitzberg est sans nul doute très considérable, grâce aux excellentes recherches faites par les diverses expéditions qui l'ont visité. Dans le but des opérations actuellement en vue, on aura cependant besoin d'un examen détaillé plus rigoureux des couches environnant les stations astronomiques, d'où l'on emportera un nombre d'échantillons de roches plus grand que celui que l'on possède actuellement, pour en déduire une valeur moyenne de leur poids spécifique aussi satisfaisante que possible.

6. Le Personnel.

En vue du plan général de l'expédition exposé ci-dessus, il s'agit maintenant de calculer le chiffre du personnel nécessaire pour les opérations scientifiques, après avoir fixé d'avance le temps avant la fin duquel tous les travaux en plein air seront absolument achevés.

Toutefois, dans ce pays dénué de toute ressource et où des obstacles imprévus peuvent se présenter, il est d'une extrême importance, pour garantir la réussite, que le personnel employé soit en nombre suffisant, et que la répartition des travaux entre ses membres soit concertée et exécutée de la manière la plus effective.

Même avec un personnel assez nombreux, on ne pourra pas compter sur la probabilité, et encore moins sur la certitude, que les travaux seront achevés dans le cours d'un seul été. Un hivernage sera donc inévitable, et l'on en tirera l'avantage d'avoir à sa disposition les mois du printemps, réputés très propres aux observations géodésiques et astronomiques. L'espace de temps alloué à l'expédition serait ainsi de deux étés avec l'hiver intermédiaire. L'expédition partira au printemps d'une année, pour être de retour à l'automne de l'année suivante. Si des conditions exceptionnellement favorables de temps, de glaces etc. permettent l'exécution parfaite de tous les travaux indiqués avant l'époque mentionnée, ce sera d'autant mieux. Dans le cas tout-à-fait opposé, si l'on ne parvient pas à terminer l'œuvre même pendant le second été, on aura à envisager un second hivernage avec les frais et les peines y attachés, ou bien à interrompre les travaux avec très peu d'espoir de les voir reprendre de nouveau.

Les opérations pour le réseau principal doivent être divisées en trois groupes: l'un embrassant les stations de la terre du Nord-est et les Sept-Iles; le second, les stations du détroit de Hinlopen et la partie la plus septentrionale du Storfjorden; le troisième, le reste des stations situées autour de ce golfe.

Ces travaux occuperont trois astronomes. La mesure des bases, leur jonction avec le réseau principal, et les déterminations astronomiques de leurs stations, ainsi que les observations de pendule, seront le partage du chef de l'expédition, avec l'assistance du géodète et du géologue.

Le personnel scientifique de l'expédition sera donc composé comme suit:

Un chef;
Trois astronomes;
Un géodète;
Un géologue; et
Deux médecins.

En faisant le calcul du travail effectif que l'on peut attendre d'un tel personnel, il faut observer que, dans la plupart des cas, neuf heures doivent suffire pour achever les opérations importantes à une station. Une journée typique pour les observations qui exigent des conditions atmosphériques favorables, peut se formuler ainsi:

	Heures.
Installation de la tente et du support	1
d:o de l'instrument universel	1
mesures des angles horizontaux, moyenne	2
observations de temps et de latitude	4
opérations photogrammétriques	1;
en somme, neuf heures.	

A en juger par les observations météorologiques faites à Moselbay en 1872—73 et au Cap Thordsen en 1882—83, on aura à sa disposition, avec une probabilité assez grande, plus de vingt occasions, chacune d'au moins neuf heures, pour les observations astronomiques et géodésiques. Le personnel proposé semble donc être plus que suffisant. Mais, comme on l'a indiqué à plusieurs reprises, des entraves sérieuses de différente nature et impossibles à calculer d'avance, causeront souvent des délais considérables. La reconnaissance finale pour le choix des stations et le placement des mires aussitôt après l'arrivée de l'expédition, pourront exiger beaucoup de temps; vers la fin du second été, il faudra s'arranger de manière à pouvoir terminer les travaux d'assez bonne heure pour éviter le risque d'un second hivernage.

Supposé que l'état de la glace n'offre pas des obstacles plus grands que d'ordinaire, les travaux pourraient être organisés de la manière suivante:

Un astronome, accompagné d'un médecin, avec équipage et attirail, sera détaché à la partie nord du réseau, une escouade de marins ayant été envoyée d'avance pour l'érection des mires. Il aura à exécuter les mesures astronomiques et géodésiques etc. à Rossö, Parry's

ö, Waldenö, Cap Hansten [1]) et Celsii Berg, et fera dresser des mires à Extreme Hook et Vargentins Berg.

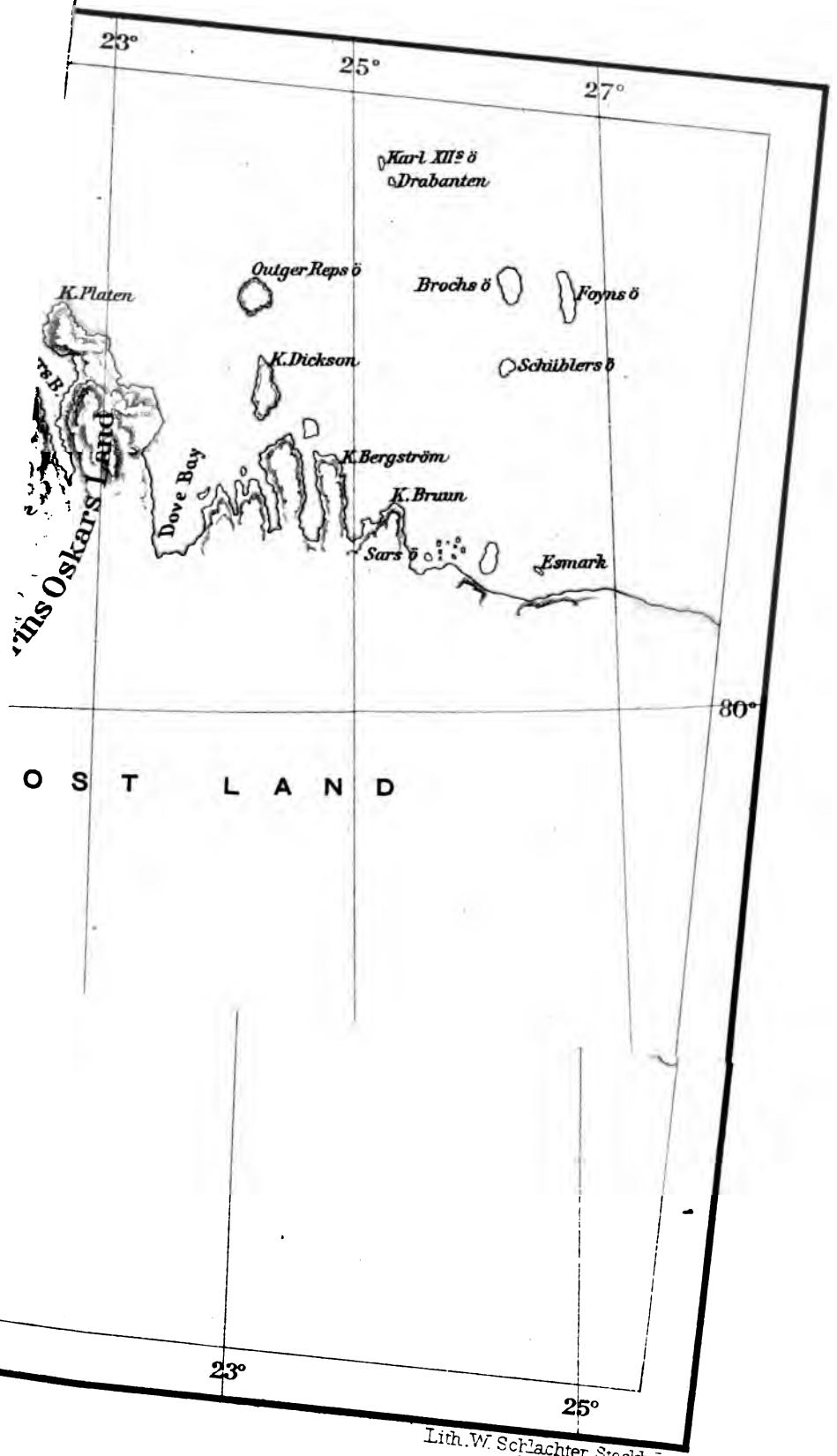
Un autre astronome aura pour sa part les observations analogues à Forsii Berg, Cap Fanshawe, Lovéns Berg et Thumb Point, éventuellement aussi l'observation des angles terrestres à Hvita Berget. Au Cap Selander et à Chydenii Berg, il fera ériger des mires. Il est à remarquer que la mesure des angles à Forsii Berg n'est pas nécessaire, pourvu que de Hekla Hook on ait obtenu des pointages sur le Cap Selander; ces angles donneront toutefois un bon contrôle, et d'ailleurs les observations de latitude à ce point ne manqueront pas d'importance, la nature du terrain faisant soupçonner une déviation de la pesanteur assez différente de celle de Hekla Hook, situé presque sur le même parallèle.

Le troisième astronome opérera de la même manière à Svanbergs Berg, Cap Agardh, Whales Head, Hedgehog et Keilhaus Berg, et fera en outre ériger des mires à Förvexlingsudden, Cap Lee, Whales Point et High Rock.

La mesure des bases, leur jonction avec le réseau principal, les observations de latitude et d'azimut aux points de jonction, au Cap sud et à Hekla Hook, ainsi que les observations de pendule à deux stations au moins, seront toutes confiées au chef de l'expédition, et mises en oeuvre le plus tôt possible.

---

[1]) Le Cap Hansten possède déjà un cairn, érigé par Chydenius en 1861, et dont on pourra peut-être se servir comme mire. Si la base a été mesurée au Lågön, on n'aura pas besoin d'observations de latitude à Cap Hansten, comme il a été remarqué ci-dessus.



Lith. W. Schlachter, Stockholm.

3 2044 091 925 321